

# FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS Y FITOQUÍMICOS DEL MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.): REVISIÓN DE SU POTENCIAL PRODUCTIVO EN SANTA CRUZ, BOLIVIA

## Soil, Climate, and Phytochemical Factors Affecting Purple Corn (*Zea mays* L.): A Review of Its Production Potential in Santa Cruz, Bolivia

Víctor Choque Colque<sup>1</sup>

### RESUMEN

La creciente demanda mundial de antocianinas, atribuida a sus propiedades antioxidantes y beneficios para la salud humana, ha incrementado el interés en cultivos con alto contenido de estos compuestos bioactivos, como el maíz morado. En Bolivia, este cultivo se concentra principalmente en los valles interandinos; sin embargo, presenta rendimientos limitados y una caracterización técnica insuficiente de las variedades locales. En contraste, las regiones de valle y cordillera del departamento de Santa Cruz ofrecen condiciones edafoclimáticas y altitudinales potencialmente favorables para su establecimiento productivo. El objetivo de este artículo de revisión es analizar los factores edafoclimáticos y el contenido de antocianinas del maíz morado, con el fin de evaluar su potencial como alternativa productiva en dichas regiones. La metodología consistió en una revisión narrativa de tipo integrador, basada principalmente en literatura científica nacional y complementada con fuentes internacionales de referencia general. Los resultados evidencian que el maíz morado no solo podría mejorar su rendimiento y reducir la duración del ciclo en comparación con áreas tradicionales, sino que también se constituye en una fuente relevante de antocianinas, especialmente en estructuras como la coronta, el grano y las brácteas. No obstante, persisten vacíos de información sobre su caracterización agronómica y fitoquímica, lo que resalta la necesidad de estudios más profundos que respalden su aprovechamiento productivo y funcional en nuevas zonas del país.

**Palabras clave:** *Zea mays*, factores ambientales, rendimiento de cultivos, antocianinas

### ABSTRACT

The growing global demand for anthocyanins, driven by their antioxidant properties and health benefits, has increased interest in crops rich in these bioactive compounds, such as purple maize. In Bolivia, this crop is mainly cultivated in inter-Andean valleys, where yields remain low and the technical characterization of local varieties is limited. In contrast, the valley and mountain regions of Santa Cruz present favorable edaphoclimatic and altitudinal conditions for its productive expansion. This review analyzes these factors together with anthocyanin content to evaluate the crop's potential as a productive alternative in these regions. The study is based on an integrative narrative review of national and international scientific literature. Evidence indicates that purple maize can achieve higher yields and shorter crop cycles compared to traditional production areas. Additionally, it represents an important source of anthocyanins, particularly in the cob, grain, and bracts. However, gaps persist in its agronomic and phytochemical characterization, highlighting the need for further research to support its sustainable and value-added production in new regions of Bolivia.

**Keywords:** *Zea mays*, environmental factors, crop yield, anthocyanins

<sup>1</sup> Dirección de Investigación, Ciencia, Innovación y Tecnología. Facultad Ciencias Agrícolas (DICIT), Instituto de Investigaciones Agrícolas "El Vallecito". \*Técnico del Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito y doctorante en Investigación Transdisciplinaria, Unidad de Postgrado Ichilo, Facultad Integral de Ichilo, Universidad Autónoma "Gabriel René Moreno". ORCID: [0009-0004-3450-2663](https://orcid.org/0009-0004-3450-2663). [victorchoque@uagrm.edu.bo](mailto:victorchoque@uagrm.edu.bo)

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) ha sido históricamente un pilar en la cultura y alimentación de los pueblos originarios de América, trascendiendo su valor nutricional para convertirse en un símbolo de identidad y cosmovisión. Las razas nativas de maíz, consideradas elementos culturales persistentes, han perdurado gracias a su estrecha vinculación con prácticas sociales, rituales y espirituales (Cuevas Montilla et al., 2008). En las comunidades andinas, este cultivo adquiere una dimensión mítica, al ser concebido como un don de la Madre Tierra o Pachamama (Rajchenberg y Hean, 2023).

En los maíces pigmentados, los colores más frecuentes corresponden a azul/morado, negro y rojo (Salinas-Moreno et al., 2012). Asimismo, la tonalidad de los granos está influenciada por procesos como la polinización, la acción del viento y el transporte de polen por insectos, los cuales facilitan el flujo génico entre poblaciones (Giordano et al., 2018). En consecuencia, estos procesos contribuyen a la generación de una amplia variabilidad en la pigmentación de los granos. Entre las tonalidades más comunes se incluyen amarillo, rojo, morado, café, azul y negro (Rangel-Lucio et al., 2021).

La diversidad genética del maíz en Bolivia está organizada en nueve complejos raciales (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal [INIAF], 2020). En este contexto, el maíz morado se encuentra representado principalmente en los complejos Chaqueño (avati) y Harinoso del Valle (kculli), con 14 y 57 accesiones registradas, respectivamente, en bancos de germoplasma bolivianos (INIAF, 2020). El tipo Kculli constituye una variedad ancestral cultivada predominantemente en los valles interandinos y el Chaco boliviano, con presencia también en regiones de Perú y Argentina. Asimismo, en el caso peruano, su consolidación como producto nutracéutico de exportación ha sido favorecida por condiciones agroecológicas óptimas (Sánchez y Castro, 2023).

En términos fitoquímicos, el maíz morado se distingue por su alto contenido de antocianinas, que

son compuestos bioactivos de la familia de los flavonoides con reconocidas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antidiabéticas, anticancerígenas y antimicrobianas (De la Rosa et al., 2022). Además, su uso como colorante natural lo hace relevante para las industrias alimentaria y farmacéutica. En Bolivia, los estudios sobre la composición, variabilidad y aplicaciones de las antocianinas en variedades locales de maíz morado son escasos y preliminares (Cuevas Montilla et al., 2008).

Por otra parte, el cultivo de maíz morado en las zonas interandinas de Bolivia enfrenta diversas limitaciones, entre ellas la degradación genética ocasionada por cruzamientos no controlados, la aplicación de prácticas agronómicas inadecuadas, los bajos niveles de rendimiento, la limitada disponibilidad de semilla mejorada y la escasa base técnica para su manejo y caracterización fitoquímica. No obstante, este cultivo mantiene un importante valor cultural para los agricultores y las comunidades locales. En contraste, el departamento de Santa Cruz presenta una amplia diversidad de pisos ecológicos, especialmente en las regiones de valle y cordillera, que podrían ofrecer condiciones edafoclimáticas propicias para la adaptación y el desarrollo productivo del maíz morado.

En este contexto, el maíz morado en Bolivia constituye un objeto de estudio abordado desde diversas perspectivas. Una de ellas es la cultural, asociada al valor simbólico que representa para las poblaciones productoras, y otra es la socioeconómica, vinculada a su contribución en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos. No obstante, para fines más específicos, el presente artículo de revisión, con base en la literatura científica disponible a nivel nacional e internacional, tiene como objetivo analizar los factores edafoclimáticos y el contenido de antocianinas del maíz morado, con el fin de evaluar su potencial como alternativa productiva en las regiones de valle y cordillera del departamento de Santa Cruz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio correspondió a una revisión narrativa de tipo integrador, cuyo objetivo fue analizar los factores edafoclimáticos y el contenido de antocianinas del maíz morado (*Zea mays* L.), con el fin de evaluar su potencial como alternativa productiva en las regiones de valle y cordillera del departamento de Santa Cruz, Bolivia.

Metodológicamente, se adoptó un enfoque cualitativo-descriptivo, sustentado en una base epistemológica constructivista (Morales, 2020; Rodríguez, 2020), que privilegia el análisis interpretativo y contextual del conocimiento. En este marco, el artículo de revisión se entiende como un estudio selectivo y crítico, orientado a integrar información esencial bajo una perspectiva unitaria y coherente. Se trata de una publicación científica que, sin generar conocimiento original, recopila y sistematiza los aportes más relevantes sobre un tema específico (Vera, 2009).

Un artículo de revisión se define como un estudio de carácter integrativo, observacional, retrospectivo y secundario, elaborado mediante el análisis y síntesis de literatura científica relevante, con el propósito de sintetizar y comunicar el conocimiento existente de forma crítica (Guirao-Goris, 2015). En este sentido, su finalidad es presentar de manera clara los hallazgos de investigaciones previas, sustentados en evidencia pertinente y organizados mediante un análisis riguroso. Asimismo, se han ampliado las tipologías de revisión, incorporando enfoques como la revisión sistemática, la revisión de revisiones, la revisión de alcance y los mapas de brechas de evidencia (Pardal-Refoyo, 2023).

En el componente agronómico, la identificación de factores y variables se fundamenta en los lineamientos de Hernández (2014). Perdomo (2023) señala como variables clave en el análisis del cultivo de maíz el rendimiento, la fenología, la sanidad vegetal y la adaptabilidad edafoclimática, las cuales orientan la organización temática de este trabajo. De igual manera, para abordar los beneficios de los flavonoides con función antioxidante, se sigue la

guía metodológica de Palacios-Rojas (2018).

Finalmente, la estructura del artículo se sustentó en las directrices para revisiones científicas propuestas por Merino-Trujillo (2011), complementadas con las recomendaciones de Terreros et al. (2019), con el fin de asegurar rigurosidad en la organización del contenido y en la selección crítica de las fuentes bibliográficas. En este sentido, se establecieron criterios de inclusión basados en el periodo de publicación (1997–2025) y en la pertinencia temática relacionada con el maíz morado, considerando aspectos edáficos, climáticos y de manejo agronómico, así como la presencia de antocianinas y sus beneficios para la salud humana. En consecuencia, el contenido se organizó en tres secciones: a) contexto agroecológico de las regiones de valle y cordillera de Santa Cruz; b) requerimientos edafoclimáticos y agronómicos del cultivo; y c) aspectos nutracéuticos del maíz morado.

## DESARROLLO

### Contexto agroecológico de las zonas de valle y cordillera del departamento de Santa Cruz

Las condiciones climáticas y altitudinales de las zonas de valle y cordillera del departamento de Santa Cruz se resumen en la Tabla 1. Los municipios de la región de la cordillera presentan altitudes que oscilan entre 845 y 1046 msnm, mientras que, en los municipios de la zona de valle, las altitudes varían entre 1287 y 1658 msnm. Según el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (2024), la temperatura promedio anual en los valles fluctúa entre 17°C y 19°C, y en la cordillera, entre 19°C y 22°C. La precipitación anual promedio en ambos ambientes se sitúa entre 763,8 y 862,7 mm, respectivamente. Estos datos evidencian cierta similitud climática entre las dos zonas, aunque las diferencias altitudinales son significativas. Cabe señalar que las condiciones climáticas pueden presentar variaciones asociadas al año de medición, la estación y las particularidades microclimáticas de cada comunidad.

**Tabla 1.**  
*Indicadores edafoclimáticos de municipios representativos de valle y cordillera de Santa Cruz, Bolivia*

Provincia	Municipio	Altitud aprox. en msnm	Precipitación media en mm	Temperatura media en °C
<b>Cordillera</b>	Lagunillas	950	828,8	21
	Camiri	845	763,8	21
	Gutiérrez	948	780	22
	Cuevo	1046	800	20
<b>Florida</b>	Samaipata	1658	871,4	19
	Mairana	1336	862,7	19
	Pampagrande	1287	725	19
	Quirusillas	1574	850,0	17

**Nota.** Datos obtenidos de fichas municipales del departamento de Santa Cruz (Gobernación de Santa Cruz, 2024).

En los valles cruceños, la principal actividad económica de las familias es la agropecuaria, a la que se dedica aproximadamente el 90% de la población, con participación activa de hombres y mujeres (Instituto de Capacitación del Oriente [ICO], 2017). Los suelos de esta región son generalmente fértiles, lo que favorece el cultivo de maíz, papa, trigo, frejol, hortalizas y frutales de clima templado. No obstante, la agricultura se desarrolla a pequeña escala, ya que solo alrededor del 10% del territorio es cultivable debido a la topografía montañosa (ICO, 2017). Asimismo, la ganadería cumple un papel relevante, centrada en la producción de bovinos para carne y leche, esta última destinada a la elaboración artesanal de quesos (ICO, 2017). Un desafío recurrente es la escasez de forraje durante la estación seca, situación que se intensifica en años con precipitaciones reducidas o irregulares.

En contraste, la llanura chaqueña presenta un clima semiárido a semiseco, con tendencia a cálido-seco árido. Los suelos son predominantemente coluvio-aluviales o aluviales, con perfiles poco desarrollados en las estribaciones serranas y más profundos en las terrazas aluviales; su textura varía de liviana a moderadamente pesada y su fertilidad es moderada a baja (Molina et al., 2022). El maíz constituye el cultivo predominante en esta región, ocupando aproximadamente el 70% del área cultivada, seguido por soya, maní y frejol, que en conjunto representan

alrededor del 20%. En zonas cercanas a los ríos se desarrolla agricultura bajo riego a pequeña escala. Asimismo, las comunidades guaraníes mantienen una estrecha relación cultural y económica con el maíz, considerado un cultivo emblemático y esencial en su dieta, lo que ha impulsado iniciativas para revalorizar su producción y fomentar su consumo en la alimentación cotidiana (Sistema Plurinacional de Certificación de Competencias [SPCC], 2017).

### Requerimiento agronómico del cultivo de maíz morado

#### a) Requerimientos edafoclimáticos

En general, las características edáficas son determinantes para el desarrollo óptimo del cultivo de maíz. Unterladstaetter (2005) indica que esta especie se adapta a diversos tipos de suelo, pero alcanza su máximo rendimiento en suelos profundos, bien drenados, sueltos, con textura franco limo-arcillosa, alto contenido de materia orgánica y adecuada disponibilidad de nutrientes. El rango óptimo de pH se sitúa entre 6,0 y 7,0, aunque puede tolerar valores de hasta 8,0. Para el maíz morado, en condiciones de Cajamarca (Perú), Valera (2019) resalta que muestra buen desarrollo en suelos de textura media (francos a franco-arcillosos), fértiles, con buen drenaje y alta capacidad de retención hídrica. Su pH ideal es ligeramente ácido (6,0 - 7,0), tolerando un rango entre 5,5 y 8,0. Asimismo, se

requiere una conductividad eléctrica de 1 a 4 dS/m, ya que valores fuera de este intervalo pueden afectar la disponibilidad de nutrientes esenciales como N, P, K, Ca y Mg.

Quispe et al. (2011) complementan que el maíz morado se adapta bien a suelos franco-arcillosos con buena retención de humedad. En Perú, se cultiva desde zonas costeras hasta áreas andinas entre 1200 y 3000 msnm, a lo largo de la Cordillera de los Andes. En el contexto boliviano, Pinto (2024) señala que su cultivo se desarrolla preferentemente en altitudes superiores a 1600 msnm. Desde el punto de vista nutricional, Medina (2022) estima que el cultivo requiere, por tonelada de grano producido, aproximadamente 28–30 kg de nitrógeno, 10–12 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ) y 23–25 kg de potasio ( $K_2O$ ), además de aportes complementarios de calcio, magnesio y azufre, para un desarrollo equilibrado.

Sobre el requerimiento de agua, el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT, s. f.) indica que el maíz requiere 400 a 500 mm. Aunque tolera cierto déficit en las fases iniciales y de maduración, es particularmente sensible a la escasez hídrica durante la floración y la polinización, lo que puede reducir significativamente el rendimiento (Vásconez et al., 2010). Pinto (2024) agrega que el maíz morado requiere mayor disponibilidad de agua que otras variedades nativas bolivianas. Según Serio (2015), la fase crítica para la determinación del rendimiento se extiende desde 15 días antes hasta 21 días después de la floración, periodo en el que se define el número de granos por unidad de superficie. Por el contrario, Ortiz (2012) destaca que el maíz morado posee cierta tolerancia a periodos prolongados de sequía en comparación con otras variedades. En Perú, Medina (2022) reporta su cultivo exitoso en zonas altoandinas con precipitaciones anuales de 600 - 700 mm durante la temporada de lluvias.

Respecto a los requerimientos térmicos, Manrique (1997) señala que el maíz morado prospera en la sierra media del Perú, entre los 1800 y 2800 msnm, donde las temperaturas medias anuales oscilan entre 12 y 20°C. De manera complementaria,

Espinoza (2017) menciona que este cultivo se desarrolla principalmente en los países andinos debido al creciente interés en las antocianinas, compuestos de reconocidos beneficios para la salud, y destaca que puede adaptarse en un rango altitudinal amplio, desde los 1200 hasta los 4000 msnm.

El maíz morado presenta una alta sensibilidad a las condiciones térmicas, las cuales influyen directamente en su establecimiento y desarrollo fenológico, especialmente en ambientes altoandinos. Se ha documentado que el cultivo se adapta a temperaturas medias anuales entre 12 y 20°C, rango que favorece su crecimiento en zonas de sierra media. Durante la germinación, la temperatura mínima requerida es  $\geq 10^\circ\text{C}$ , con un intervalo óptimo de 18 a 20°C, lo que permite una adecuada activación metabólica y una emergencia uniforme del cultivo (Valera, 2019). En consecuencia, la disponibilidad de condiciones térmicas dentro de estos rangos resulta determinante para su adecuado establecimiento y desarrollo agronómico. En el contexto boliviano, Pinto (2024) señala que el maíz morado no tolera condiciones excesivamente cálidas ni húmedas, recomendando su cultivo en ambientes donde la temperatura no supere los 28°C.

#### b) Variedades de maíz morado en Bolivia

Claure et al. (2014) en el estudio Utilización de la selección masal convergente-divergente en variedades nativas de maíz priorizadas por productores, desarrollado en Cochabamba, Chuquisaca y Tarija, reportaron que, como resultado de la selección participativa, los productores priorizaron las variedades nativas Blando Amarillo, Morochito, Canario, Kulli Criollo Rumipampa, Perlita Precoz, Pisankalla y Morocho. En concordancia, el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF, 2019) señala la existencia de 14 materiales genéticos de maíz en Bolivia, clasificados en cuatro variedades mejoradas, cinco híbridos y cinco variedades nativas purificadas. Entre estas últimas destaca Morado Criollo, caracterizada por

granos de color morado medio, textura semivítrea y un ciclo vegetativo de aproximadamente cinco meses, además de mostrar adecuada adaptación a los valles de Tarija, Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

En relación con la diversidad nativa, Pinto (2024) resalta que Bolivia es uno de los tres principales centros de diversidad genética de maíz a nivel mundial, con más de 2400 variedades identificadas, de las cuales cerca de 70 variedades se cultivan de forma comercial. En Cochabamba se concentra alrededor del 80% de esta diversidad, atribuida a la gran variabilidad de microclimas. Entre los tipos más representativos se encuentran maíces blancos de grano grande, morados o kcullis, amarillos y chullpis, estos últimos empleados principalmente para tostado. A pesar de esta riqueza, se ha registrado la pérdida de aproximadamente el 1% de las variedades (como el chuspillo blanco) y un 4% se encuentra actualmente en riesgo de extinción.

En el Chaco Boliviano, las comunidades guaraníes conservan una notable diversidad de maíces locales, cada uno asociado a usos específicos. Según el SPCC (2017), se identifican al menos 12 variedades, entre ellas las de tonalidades negras u oscuras. La Avatikavi, por ejemplo, se utiliza para la elaboración de tortillas (guiyape), harina (guñtipiru), y lagua de maíz (atikui jëevae), gracias a su buena conservación poscosecha. En estado de choclo, es apreciada para asado a la brasa (tembichi). La Avatiü, en cambio, es preferida para consumo fresco y también para preparar chicha tradicional.

Nogales-Ascarrunz et al. (2021) documentan las características de la variedad de maíz Negro Avatiü, con mazorcas cónicas-cilíndricas de 12 hileras y un promedio de 38 granos por hilera, granos blandos y harinosos de color negruzco, y marlo rojizo. La Morada Avatiowe presenta características similares, aunque sus granos son semiduros, de color morado, y el marlo blanco. La variedad Kculli Morado, representativa de la raza Kculli, exhibe mazorcas cónicas-cilíndricas con 10 hileras y alrededor de 26 granos por hilera, de tipo corneo-

dentado y color negruzco; el marlo es morado con médula blanca. Asimismo, el ecotipo Avatiü, de origen guaraní, presenta mazorcas con 12 hileras y 28 granos por hilera, con tonalidades oscuras tanto en granos como en el marlo.

Guzmán (2019) y Lara (2022), para condiciones de Santa Cruz, informan sobre la variedad Moragro, proveniente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Esta semilla, enviada en el año 2017 al Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito (IIA El Vallecito) de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), fue evaluada en coordinación con la empresa AGRO SELLER para estudios agronómicos.

En cuanto a las variedades introducidas, Villca et al. (2021) evaluaron seis materiales genéticos de maíz morado procedentes del Centro CREA-CI (Italia), en condiciones de campo en el predio experimental “La Violeta” de la Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba), ubicado a una altitud de 2680 msnm. Las principales características agronómicas y morfológicas de los materiales evaluados se sintetizan en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Origen y color del pericarpio de variedades provenientes del Centro CREA-CI (Italia)*

Nombre código/ variedad	Origen	Color del pericarpio
PSGO-001	Italia y Bolivia	Morado
PSGO-002	Italia y México	Azul/incoloro
PSGO-003	Europa	Azul
PSGO-004	Italia y EE UU	Azul/incoloro
PSGO-005	Italia	Incoloro
PSGO-006	Italia y Bolivia	Morado

**Nota.** Adaptado de Villca et al. (2021).

De forma complementaria, el proyecto desarrollado entre 2023 y 2024 por el IIA El Vallecito-UAGRM, recolectó diez variedades de maíz morado de diversas regiones (valles de Santa Cruz, Cochabamba, Chuquisaca y el Chaco Cruceño), estableciéndolas en zonas representativas de los

valles mesotérmicos y áreas del Chaco, durante la campaña de verano 2023–2024. La procedencia y las principales características de estas variedades y ecotipos se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.**  
*Variedades y ecotipos de maíz morado recolectados según año y procedencia*

Año	Departamento	Provincia	Lugar de recolección	Nombre de la variedad	Color de grano
2017	Córdoba	Córdoba	Córdoba, Argentina	Moragro	Negro
2022	Cochabamba	Campero	Pasorapa	Pasorapa	Negro
2023	Cochabamba	Campero	Trigoloma	Trigoloma	Negro
2023	Cochabamba	Campero	Omereque	Omereque	Negro rojizo
2023	Santa Cruz	Cordillera	Aratical	Aratical	Negro
2023	Santa Cruz	Cordillera	Ipati	Ipati	Negro
2023	Santa Cruz	Cordillera	Javillo	Javillo	Negro
2023	Chuquisaca	Samuel Oropeza	Yotala	Yotala	Negro
2024	Santa Cruz	Vallegrande	Alto Veladero	Alto Veladero	Negro
2024	Santa Cruz	Caballero	Saipina	Saipina	Negro

**Nota.** Datos del Proyecto Maíz Morado UAGRM–IIA El Vallecito (2023–2024).

### c) Adaptación, época y densidad de siembra

En el departamento de Santa Cruz, ANAPO (2021) reporta que existen dos campañas agrícolas: verano e invierno. Durante la campaña de verano 2020/2021, para el maíz, se registró un rendimiento promedio de 5,01 t ha<sup>-1</sup> de maíz, mientras que en la campaña de invierno del mismo año el rendimiento disminuyó a 2,32 t ha<sup>-1</sup>. Más adelante señala que el calendario de siembra del maíz, varía según la región productiva y el inicio de las precipitaciones, abarcando del 15 de octubre al 15 de enero en la campaña de verano, y del 15 de marzo a finales de abril en la campaña de invierno.

Respecto al maíz morado tipo Kculli, Ortiz (2012) señala que en los valles interandinos su siembra se realiza preferentemente en diciembre,

aunque puede adelantarse o retrasarse según el inicio y la intensidad de las lluvias. De manera complementaria, el INIAF (2020) reporta que la producción de maíz choclero en Bolivia se concentra en las macroregiones de los valles y el altiplano. En el caso de Santa Cruz, el cultivo se establece principalmente en los valles mesotérmicos (Vallegrande, Manuel María Caballero y Florida), comenzando en septiembre en áreas con riego y desde noviembre en zonas de secano, una vez establecidas las lluvias.

La variabilidad genética y adaptativa del maíz morado en distintas zonas agroecológicas bolivianas también ha sido evidenciada por Cuevas Montilla et al. (2008) quienes analizaron seis muestras de grano pigmentado recolectadas en Cochabamba y Potosí, caracterizadas por diferentes colores y

localización del pigmento (aleurona o pericarpio). De forma adicional, Mendoza et al. (2016) trabajaron con corontas procedentes de comunidades altoandinas del municipio de Sorata (La Paz), como Chajlaya, Cuñapata, Tahana, San Isidro, Quehuaya y Villa Siempre Unidos, lo que indica la persistencia del cultivo en estas regiones. Asimismo, Carvalho (2019) reporta el uso tradicional del maíz morado para la elaboración de api y chicha en Santa Rosa (Potosí), donde la coronta se destina también a fines agrícolas y alimentarios.

En términos de densidad de siembra, para el caso del maíz morado, Guzmán (2019) evaluó el cultivo en dos ambientes de Santa Cruz, utilizando surcos separados 70 cm y una densidad de cuatro plantas por metro lineal, equivalente a aproximadamente 57.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Esta misma densidad fue aplicada por Lara (2022) en un ensayo sobre épocas de siembra en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM). Por su parte, Medina (2022) recomienda establecer 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> para alcanzar rendimientos superiores a 5 t ha<sup>-1</sup>. Densidades mayores pueden generar competencia intraespecífica, resultando en el alargamiento excesivo del tallo, acame y reducción del tamaño de las mazorcas, lo cual compromete la productividad.

En síntesis, la adaptación del maíz morado a los valles interandinos de Bolivia, junto con las prácticas relacionadas con la época de siembra y la densidad de población, presenta similitudes con el manejo agronómico del maíz choclero o blando para consumo en estado lechoso. Estas prácticas también guardan correspondencia con tecnologías agrícolas empleadas en regiones productoras de Perú. No obstante, la limitada disponibilidad de estudios específicos en Bolivia, restringe la formulación de recomendaciones agronómicas fundamentadas en evidencia.

#### **d) Fenología del cultivo**

La fenología del maíz, incluido el maíz morado, se caracteriza por una secuencia bien definida de etapas fisiológicas, siendo la floración un punto crítico en la determinación del rendimiento. En esta fase, la panoja se desarrolla tras la emisión foliar completa e inicia la liberación de polen desde la parte inferior del tercio medio superior del eje principal hacia los extremos (INIA, 2018).

Respecto al tiempo hasta la floración, Pedraza (2017) reporta que la variedad INIA 601, evaluada en la sierra peruana, alcanzó la floración a los 98 días después de la siembra, con un ciclo vegetativo de cinco a seis meses a altitudes entre 2600 y 2900 msnm. En contraste, la variedad Caraz PMV-581, con un rango altitudinal más amplio (1200 - 4000 msnm), presentó floración femenina entre los 55 y 60 días.

En el contexto boliviano, Guzmán (2019) evaluó el maíz morado en dos ambientes contrastantes de Santa Cruz, registrando floración masculina entre los 53 y 56 días y femenina entre los 57 y 60 días, completando su ciclo fisiológico en aproximadamente cuatro meses. De forma complementaria, Lara (2022), en un estudio realizado en la Facultad de Ciencias Agrícolas Santa Cruz, respecto a épocas de siembra con maíz morado, evidenció que éstas influyen significativamente en la duración del ciclo: las siembras de mayo alcanzaron la floración masculina a los 84 días, mientras que las de diciembre lo hicieron a los 56 días.

La información técnica disponible y revisada sugiere que, en los valles interandinos de Bolivia y regiones del Perú, el ciclo fenológico completo del maíz morado puede extenderse hasta seis meses. Sin embargo, estudios preliminares muestran que, en las zonas de valle de Santa Cruz, la madurez fisiológica se alcanza en 4,5 a 5 meses, lo que representa una ventaja potencial para su incorporación en sistemas productivos locales.

### e) Altura de planta e inserción de la mazorca

La altura de la planta y la altura de inserción de la mazorca son atributos morfológicos relevantes, ya que inciden en la estabilidad del cultivo, la eficiencia en el aprovechamiento de recursos y la mecanización de la cosecha. Estos rasgos están determinados por factores genéticos, pero también son modulados por las condiciones agroecológicas y el manejo agronómico. En particular, altas densidades de siembra suelen reducir el tamaño de las mazorcas debido a una mayor competencia por luz, agua y nutrientes (INIA, 2018).

Para el Perú, el INIA (2004) reporta que la variedad INIA 601 de maíz morado, alcanza una altura promedio de 2,16 m, con la mazorca insertada a 1,24 m del suelo, parámetros considerados óptimos para las condiciones de la sierra peruana. Por su parte, Guzmán (2019) encontró que, en Mairana (Santa Cruz), las plantas de maíz morado, alcanzaron una altura promedio de 1,70 m y una inserción de mazorca a 0,86 m, mientras que en “El Vallecito”, las alturas fueron menores (1,29 m y 0,55 m, respectivamente), destacando la influencia del entorno agroclimático.

Mamani (2021) en un análisis morfológico de 28 accesiones de maíz morado, cultivadas en Cochabamba a 2760 msnm, registró alturas de planta superiores a 2 m e inserciones de mazorca mayores a 1 m, lo que evidencia la adaptación del material genético a zonas altoandinas. De igual forma, Lara (2022) observó, en Santa Cruz, que las siembras de enero y febrero, produjeron las mayores alturas de planta (163 cm en promedio), mientras que las siembras de mayo presentaron alturas reducidas (94,9 cm), atribuidas a condiciones climáticas menos favorables.

### f) Componentes de rendimiento del maíz morado

El rendimiento del maíz morado está condicionado por una diversidad de factores, entre los cuales

sobresalen los agronómicos, edáficos, ambientales y de manejo. Dentro de estos, resultan determinantes las características de la mazorca, como su diámetro, longitud y número de hileras, así como la cantidad de granos por hilera, el peso de 100 granos y, en síntesis, el rendimiento por hectárea.

En cuanto al diámetro de la mazorca, Poma (2007) reportó 4,6 cm para la variedad PMV-581 en “La Molina”, Perú, mientras que Cruzado (2008) registró 4,82 cm bajo condiciones similares. De manera concordante, el INIA (2004) informó que la variedad INIA 601 alcanza un diámetro comparable de 4,6 cm. En Bolivia, Guzmán (2019) con la variedad Moragro registró 4,3 cm en Mairana y 3,0 cm en “El Vallecito”. Lara (2022) también con Moragro, evidenció variaciones según la época de siembra, con máximos en diciembre y enero (3,7 cm) y el mínimo en mayo (2,6 cm). Finalmente, Mamani (2021) reportó un promedio de 4,19 cm, con un rango de 3,6 a 4,7 cm.

Respecto a la longitud de la mazorca, Pinedo et al. (2017) encontraron un promedio de 13,8 cm con un manejo de fertilización nivel 120-110-80, mientras que con un nivel 120-90-60, la longitud se redujo a 12,9 cm. Según INIA (2018), la variedad INIA 601 puede alcanzar hasta 17,5 cm. En Santa Cruz, Guzmán (2019) observó diferencias entre ambientes, con longitudes de 14,0 cm en Mairana y 11,4 cm en “El Vallecito”. Por su parte, Lara (2022) reportó la mayor longitud promedio en febrero (12,7 cm) y la menor en mayo (10,1 cm).

En cuanto al número de hileras por mazorca, Ortiz (2012) describe que las mazorcas tipo Kculli, cultivadas en valles templados de Bolivia, presentan entre 10 y 14 hileras, con forma cónica y tamaño medio a pequeño. Guzmán (2019) reportó promedios de 12,4 hileras en “El Vallecito” y 12,3 en Mairana, valores similares a los registrados por Mamani (2021) en accesiones en Cochabamba (2760 msnm). Además, Lara (2022) constató que la época de siembra influye en este parámetro,

observando el mayor promedio en diciembre (12,9) y el menor en mayo (11,5).

Respecto al número de granos por hilera en maíz morado, Nogales-Ascarrunz et al. (2021) estimaron un promedio de 26 granos, con características corneo-dentadas y coloración negruzca. Mamani (2021) encontró un rango de 22 a 30 granos por hilera, mientras que Lara (2022) registró variaciones entre 19,2 y 27,7 granos, con los valores más altos en enero y febrero, y el más bajo en mayo.

En términos de rendimiento por hectárea de maíz morado, el INIA (2004), para el Perú, señala que la variedad INIA 601, puede alcanzar un potencial de 6 t ha<sup>-1</sup> en condiciones óptimas, aunque bajo manejo de agricultores suele reducirse a 3 t ha<sup>-1</sup>. Medina-Hoyos et al. (2020) indican que un manejo agronómico adecuado permite superar los 2,8 t ha<sup>-1</sup>, valor superior al promedio nacional del maíz amiláceo en Perú. En Argentina, Nazar & Mansilla (2016) reportaron rendimientos de 3,4 t ha<sup>-1</sup> para la variedad Moragro en Córdoba. En Bolivia, Ortiz (2012) señaló que los rendimientos del maíz morado tipo Kculli, en valles interandinos, fluctúan entre 0,7 y 1,4 t ha<sup>-1</sup>, limitados por factores climáticos y de manejo. En contraste, Guzmán (2019) reportó rendimientos de 4,82 t ha<sup>-1</sup> en Mairana y 1,31 t ha<sup>-1</sup> en “El Vallecito”, mientras que Lara (2022), evaluando épocas de siembra en las instalaciones de la F. C. A. Santa Cruz, obtuvo el rendimiento más alto (2,4 t ha<sup>-1</sup>), con siembra en febrero.

### g) Insectos plaga y patógenos en maíz morado

En Perú, se ha identificado un conjunto de insectos que constituyen plagas clave en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.), entre los que destacan el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el gusano cañero (*Diatraea saccharalis*), el mazorquero (*Helicoverpa zea*), la cigarrita del maíz (*Dalbulus maidis*), las larvas de mosca de la mazorca (*Euxesta sororcula*) y el escarabajo conocido como “lorito verde” (*Diabrotica* spp.) (Medina, 2022). Aunque

históricamente la incidencia de estas plagas ha sido baja en altitudes superiores a los 3000 msnm, el aumento progresivo de las temperaturas asociado al cambio climático ha favorecido su expansión a zonas altoandinas, convirtiéndolas en amenazas emergentes para estos agroecosistemas.

En el departamento de Santa Cruz (Bolivia), Lara (2022) reportó la presencia de *S. frugiperda* en cinco épocas de siembra analizadas, requiriendo en promedio dos aplicaciones de insecticidas por ciclo de cultivo. Este hallazgo subraya la necesidad de implementar estrategias de manejo integrado de plagas (MIP), adaptadas a las condiciones agroecológicas locales. Además, Lara (2022) documentó la aparición de síntomas foliares compatibles con *Helminthosporium* spp. cuando la siembra fue en diciembre, lo que motivó la aplicación de fungicidas tras una fase de monitoreo preventivo, en las instalaciones de la F. C. A. Santa Cruz.

Respecto a las enfermedades fúngicas, Guzmán (2019), observó una mayor incidencia de mazorcas afectadas por podredumbre en “El Vallecito”, en comparación con Mairana, asociada a géneros patógenos como *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. En la sierra peruana, Medina (2022) señaló que, aunque las enfermedades foliares como el tizón foliar (*Bipolaris maidis*, anteriormente *Helminthosporium maidis*), los carbonos (*Ustilago* spp.) y las royas (*Puccinia* spp.) son comunes, su impacto económico suele ser bajo y rara vez requieren intervenciones químicas. Sin embargo, la pudrición de la mazorca constituye la principal enfermedad de importancia económica, causada principalmente por *Fusarium moniliforme* (actualmente *Fusarium verticillioides*), *Fusarium graminearum*, *Penicillium* spp. y *Diplodia* spp. Su severidad está fuertemente condicionada por ciclos agrícolas con elevada humedad y años particularmente lluviosos, donde se observan niveles críticos de infección.

## Aspectos nutraceuticos del maíz morado

### a) Naturaleza y funciones de las antocianinas

Las antocianinas son pigmentos naturales responsables de las tonalidades rojas, púrpuras, azules y negras en flores, frutos y otras estructuras vegetales. Su aislamiento inicial, atribuido a Friedrich Feigl en 1835, marcó el inicio de estudios que en el siglo XX permitieron su clasificación y la comprensión de sus funciones biológicas. Estos compuestos, formados por glucósidos de antocianidinas, presentan variaciones cromáticas dependientes del pH del medio. Además de su papel en la atracción de polinizadores, las antocianinas han demostrado actividades bioactivas relevantes, incluidas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, que sustentan su potencial en la prevención de enfermedades crónicas y en la promoción de la salud (Gómez et al., 2024).

Estructuralmente, las antocianinas son flavonoides glicosilados hidrosolubles que se acumulan principalmente en las vacuolas de las células epidérmicas, aunque en algunas especies también se localizan en organelos especializados denominados antocianoplastos (Aguilera et al., 2011). En cereales como el maíz morado tipo Kculli, estos pigmentos se concentran en el pericarpio y en la capa de aleurona (Guillén-Sánchez et al., 2014; Salinas et al., 2012; Martínez, 2023).

Más allá de su función pigmentaria, las antocianinas cumplen roles fisiológicos y bioquímicos relevantes, destacándose por su capacidad antioxidante y por sus efectos antiinflamatorios, antidiabéticos, anticancerígenos y antimicrobianos (De la Rosa et al., 2022). En contraste con los carotenoides, predominantes en maíces amarillos, las antocianinas son los principales compuestos responsables de la coloración en maíces de tonalidades azul, roja y morada, además de contribuir significativamente a sus propiedades nutraceuticas (Serna-Saldivar et al., 2013).

### b) Importancia del maíz morado como fuente de antocianinas

Los maíces de colores presentan una amplia diversidad de antocianinas, fenoles y flavonoides, compuestos que poseen propiedades bioactivas particulares. Esta diversidad los posiciona como una fuente prometedora para la obtención de colorantes naturales y antioxidantes (Cadena et al., 2024). En este contexto, el maíz morado sobresale por su elevado contenido de compuestos fenólicos, especialmente antocianinas, presentes en el grano, la coronta y las brácteas (Sánchez y Castro, 2023). Aunque estos fitonutrientes no cumplen una función nutricional directa, ejercen efectos protectores frente al estrés oxidativo y al daño celular, lo que contribuye a la prevención de enfermedades crónicas (Justiniano, 2010).

En los maíces pigmentados se han identificado más de setecientos derivados de antocianinas, con estructuras y actividades biológicas diversas, que podrían emplearse como colorantes naturales en sustitución de los pigmentos sintéticos (Cadena et al., 2024). La concentración de estas moléculas en el maíz morado varía según el genotipo, la parte de la planta analizada y las condiciones edafoclimáticas (Duangpapeng et al., 2019). En un estudio con seis variedades bolivianas, Cuevas Montilla et al. (2008) identificaron como compuestos predominantes la cianidina-3-glucósido (42,5%) y la cianidina-3-(6"-malonil)-glucósido (30,7%), una composición semejante a la observada en variedades mesoamericanas.

En el maíz, las antocianinas predominantes son la cianidina-3-glucósido y la pelargonidina-3-glucósido, compuestos responsables de la coloración característica del grano (Martínez, 2023). A nivel estructural, estas pertenecen al grupo de las antocianidinas, de las cuales se han identificado más de 30 tipos; sin embargo, en cereales predominan seis: pelargonidina, cianidina, peonidina, malvidina, petunidina y delphinidina, todas

derivadas del metabolismo de los fenilpropanoides. En este contexto, la estructura química del anillo flavonoide, particularmente las sustituciones en las posiciones 3 y 5, influye directamente en la tonalidad y estabilidad de los pigmentos (Martínez, 2023).

### c) Aplicaciones funcionales y contenido

Las antocianinas han despertado un creciente interés en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética debido a su origen natural, perfil de seguridad y propiedades bioactivas. Estos compuestos participan en la inhibición de enzimas prooxidantes, bloquean vías moleculares relacionadas con el crecimiento tumoral y promueven la apoptosis en células malignas (Zhang et al., 2019; Xóchitl et al., 2022). Asimismo, se les atribuyen efectos beneficiosos sobre la agudeza visual y la protección vascular. Entre las actividades biológicas más destacadas se encuentran su capacidad antioxidante y antimicrobiana, de gran relevancia por su acción neutralizadora de radicales libres y su efecto contra bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos (Cadenas et al., 2024).

Las investigaciones sobre el control de la diabetes tipo 2 han demostrado que las antocianinas del maíz morado ejercen efectos beneficiosos en la regulación de la glucosa. Estos compuestos estimulan la secreción de insulina en las células pancreáticas y favorecen la captación de glucosa en las células hepáticas, contribuyendo así a mantener niveles adecuados de glucemia y a reducir la resistencia a la insulina. Como resultado, el consumo de maíz morado no solo posee valor nutricional, sino que también presenta un potencial terapéutico para prevenir y mitigar complicaciones asociadas con esta enfermedad, tales como el daño vascular y la neuropatía (Tepixtle-Colohua et al., 2025).

En cuanto a la cuantificación, Mendoza et al. (2016) reportaron concentraciones de hasta 104 mg/g de antocianinas totales en harina de coronta de maíz

morado, con una eficiencia de extracción del 87,9 %. Asimismo, Carvallo (2019) obtuvo un rendimiento de 7,73 g de antocianinas a partir de 57,90 g de coronta molida, destacando la eficacia de la extracción asistida por ultrasonido en solución hidroalcohólica al 60%. Por su parte, Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos (2022) registraron contenidos en brácteas entre 0,2 y 4,9 mg/g, en función del genotipo y las condiciones ambientales, siendo la variedad INIA 601 la de mayor concentración. Finalmente, Sánchez y Castro (2023) señalan que la coronta concentra aproximadamente el 85% del contenido total de antocianinas de la mazorca.

## CONCLUSIONES

En concordancia con el objetivo planteado y con base en la revisión de literatura nacional e internacional, se analizaron los requerimientos edafoclimáticos del maíz morado y su relación con las condiciones de las regiones de valle y cordillera del departamento de Santa Cruz. Asimismo, se integró información sobre la presencia, distribución y concentración de antocianinas en diferentes estructuras de la planta, así como su relevancia para la salud humana. A partir de este análisis, se establecen las siguientes conclusiones:

Las condiciones edafoclimáticas de las regiones de valle y cordillera de Santa Cruz son favorables para el establecimiento y desarrollo del maíz morado, en comparación con las zonas habituales de producción en Bolivia. La evidencia revisada sugiere ventajas agronómicas relevantes, entre ellas una reducción del ciclo de cultivo de aproximadamente 1,5 a 2 meses y un incremento del rendimiento de hasta un 50%. En este sentido, estas regiones presentan un alto potencial para la producción comercial del cultivo, constituyéndose en una alternativa productiva viable bajo condiciones agroecológicas adecuadas.

En relación con el contenido de antocianinas, la información científica disponible en Bolivia es aún limitada y dispersa, especialmente respecto

a su distribución y concentración en estructuras específicas como el grano, la coronta y las brácteas. Aunque los estudios existentes confirman la presencia de estos compuestos, particularmente en la coronta, se requieren investigaciones más sistemáticas que permitan caracterizar y cuantificar los diferentes tipos de antocianinas en cada órgano. En este contexto, estudios desarrollados en Perú identifican la coronta como el principal reservorio, sin descartar concentraciones relevantes en el grano y las brácteas.

En consecuencia, se recomienda promover investigaciones orientadas a validar el potencial agronómico y funcional del maíz morado en Bolivia. Estas deben abordar de manera integral la adaptación de genotipos locales e introducidos, los componentes del rendimiento, la sanidad vegetal y la caracterización fitoquímica detallada de las antocianinas. La generación de esta evidencia es fundamental para consolidar al maíz morado como una alternativa productiva de alto valor nutracéutico, en concordancia con los beneficios científicamente reportados para la salud humana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, M., Reza, M., Gerardo, R., & Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Biotecnia*, 13(2), 16–22. <http://www.biotecnia.uson.mx>.
- Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO). (2021). *Memoria anual 2021: Evolución de la superficie, rendimiento, producción y precio del maíz de verano e invierno*. [https://anapobolivia.org/images/publicacion\\_documentos/Memoria%202021.pdf](https://anapobolivia.org/images/publicacion_documentos/Memoria%202021.pdf)
- Cadena, F., Arias, J., García, A., Ochoa-Meza, D., & Cuevas, D. (2024). Actividad biológica de maíz (*Zea mays* L.) de color mejorado cultivado en el sur de Sonora. *Agronomía Mesoamericana*, 35, 55615. <https://doi.org/10.15517/am.2024.55615>
- Carvalho, M. (2019). Extracción de antocianinas de la coronta del maíz morado [Tesis de grado, *Universidad Autónoma Juan Misael Saracho*]. <https://dicyt.uajms.edu.bo/investigacion/index.php/quimica/article/view/204>
- Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT). (s. f.). *Manual técnico del cultivo de maíz*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 69 p.
- Claire, T., Saldaño, D., Rodríguez, E., Arandia, W., & Quispe, R. (2014). Utilización de la selección masal convergente-divergente en variedades nativas de maíz priorizadas por productores. *En Memorias del Congreso Nacional de Recursos Genéticos de la Agrobiodiversidad. INIAF. Memoria 2014*. ISBN: 978-99974-43-98-4. Depósito legal: 3-1-301-14-PO. INIAF, Bolivia.
- Cruzado, L. (2008). Efecto de la fertilización fosforo-potásica en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) [Tesis de licenciatura, *Universidad Nacional Agraria La Molina*]. Lima, Perú. 87 p.
- Cuevas Montilla, E., Antezana, A., & Winterhalter, P. (2008). Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (*Zea mays* L.) boliviano. *Universidad Mayor de San Simón*. <https://www.academia.edu/10820628>
- De la Rosa, X., García, I., Hernández, J., Morales, J., & Di Carlo, J. (2022). Antocianinas y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 155–163. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v39n5/0250-5460-rbq-39-05-1.pdf>
- Duangpapeng, P., Lertrat, K., Lomthaisong, K., Scott, M. P., & Suriharn, B. (2019). Variability in anthocyanins and antioxidant activity in waxy corn. *Agronomy*, 9(3), 158. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030158>
- Espinoza, J. (2017). Evaluación de la adaptación de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe>

- Giordano, A., Liu, Z., Panter, S., et al. (2018). Genetic basis of anthocyanin pigmentation in maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 131, 2365–2383. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3165-4>
- Gobernación de Santa Cruz. (2024). Fichas municipales del departamento de Santa Cruz. <https://www.santacruz.gob.bo>
- Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., & Paucar-Menacho, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211–217.
- Guirao-Goris, J. A. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Enfermería Global*, 14(1), 1–13. <https://revistas.um.es/eglobal/article/view/185721>
- Gómez, N., Hernández, E., Ramírez, E., Moreno, S., & Vázquez, J. (2024). Antocianinas, más allá del color y el pH: una revisión bibliométrica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. México. ISSN 2707-2207 / 2707-2215. Volumen 8 Numero 5. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.14297](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14297)
- Guzmán, O. (2019). Evaluación preliminar de las características agronómicas del maíz morado (Kculli) (*Zea mays* L.) en dos ambientes contrastantes del departamento de Santa Cruz, Bolivia [Tesis de licenciatura, UAGRM]. Santa Cruz, Bolivia. 50 p.
- Hernández, S. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill. <https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Bap-tista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Instituto de Capacitación del Oriente (ICO). (2017). Diagnóstico socioeconómico de los valles cruceños. <https://www.ico.org.bo>
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). (2004). Maíz INIA 601: Variedad mejorada de maíz morado para la sierra norte del Perú. Estación Experimental Agraria Baños del Inca, boletín plegable- Cajamarca.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). (2018). Variedad maíz INIA 601: Boletín técnico plegable. *Estación Experimental Agraria Baños del Inca, Cajamarca*.
- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). (2019). Catálogo de variedades del INIAF al 2019. *Dirección Nacional de Innovación*. La Paz, Bolivia. 50 p.
- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). (2020). Estudio de zonificación del maíz en Bolivia. <https://agroavances.com>
- Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”. (2023 – 2024). Investigación agronómica de variedades promisorias de maíz morado (*Zea mays* L.) tipo Kculli en condiciones agroecológicas de Lagunillas, Mairana y Samaipata del departamento de Santa Cruz. *Proyecto de Maíz Morado*. 54 p.
- Justiniano, E. 2010. Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina. Tesis para optar el título de Mg. Sc. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Lima, Perú: EPG. 77 p.
- Lara, V. 2022. Efecto de seis épocas de siembra sobre características agronómicas de maíz morado (*Zea mays* L.) tipo Kculli [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno]. *Facultad de Ciencias Agríco-*

- las. Santa Cruz, Bolivia. 53 p.
- Mamani, R. 2021. Caracterización morfológica de 28 accesiones de maíz morado (*Zea mays* L.) [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno]. *Facultad Integral de Ichilo*. Santa Cruz, Bolivia. 64 p.
- Manrique, A. 1997. El maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). 362 p. [https://books.google.com.ec/books?i-d=uyJIAAAAYAAJ&utm\\_source=chatgpt.com](https://books.google.com.ec/books?i-d=uyJIAAAAYAAJ&utm_source=chatgpt.com)
- Martínez, P. (2023). Caracterización nutraceutica de maíz pigmentado [Tesis, Universidad Autónoma de Querétaro]. <https://ri-ng.uaq.mx>
- Medina, A. (2022). *Guía de manejo del cultivo de maíz morado*. INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe>
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado en zona altoandina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291–299. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Mendoza, E., Curi, C., Rojas, V., & Alvarado, J. (2016). Encapsulación y estabilidad de antocianinas. *Revista Boliviana de Química*, 33(5). <http://www.scielo.org.bo>
- Merino-Trujillo, A. (2011). Cómo escribir documentos científicos. *Salud en Tabasco*, 17(1–2), 36–40. <https://www.redalyc.org>
- Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural 2024. *Fichas Municipales del Departamento de Santa Cruz. Santa Cruz Industrial y Productiva*. Estado Plurinacional de Bolivia. <https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/2025-3107d-9-1-Fichas-Municipales-Dpto-Santa-Cruz-2024V2.pdf>
- Molina, S., Sensano, G., Valeiro, A., & Radrizzani, A. (2022). Sistemas ganaderos del Chaco boliviano. FONTAGRO. <https://www.fontagro.org>
- Morales, S. 2020. ¿Qué es la epistemología y para qué le sirve al científico? *Scientia in Verba*, 6, 187–194. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-la-republica/psicologia-sujeto-y-aprendizaje/que-es-la-epistemologia/100839596>
- Nazar, C., & Mansilla, P. (2016). *Maíz morado adaptado en Córdoba*. <https://www.biodiversidadla.org>
- Nogales-Ascarrunz, P., Aliaga-Rossel, E., & Murillo, R. (2021). *Diversidad del maíz nativo en Bolivia*. <https://www.researchgate.net>
- Ortiz, A. (2012). *Los maíces en la seguridad alimentaria de Bolivia*. CIPCA. <https://www.cipca.org.bo>
- Palacios-Rojas, N. 2018. *Calidad nutricional e industrial de Maíz: Laboratorio de Calidad Nutricional de Maíz “Evangelina Villegas”* CDMX, México: CIMMYT
- Pardal-Refoyo, J. L. (2023). Tipos de revisiones científicas. *Revista ORL*, 14(1). <https://doi.org/10.14201/orl.31646>
- Pedraza, G. (2017). Densidad de siembra en maíz morado. *Revista ECI Perú*, 14(1), 20–40. <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0003>
- Perdomo Leiva, M. (2023). Evaluación de ensayos de maíz. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc1801es>
- Pinedo, R., Rodríguez, G., & Valverde, N. (2017). *Fertilización en maíz morado*. <https://revistas.unasam.edu.pe>

- Pinto, M. (2024). Análisis fisicoquímico de maíz morado. [https://bibliotecas.usfx.bo/scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000400010](https://bibliotecas.usfx.bo/scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400010)
- Poma, L. 2007. Efecto de la fertilización química y orgánica con y sin la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) cv. PMV-581 [Tesis de licenciatura, UNALM]. Lima, Perú. 105 p.
- Quispe, J., Arroyo, K., & Gorriti, A. (2011). Cultivares de maíz morado. *Revista Sociedad Química del Perú*, 77(3), 173–181. <https://www.redalyc.org>
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2022). Antocianinas en maíz morado. *Terra Latinoamericana*, 39, e808. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Rajchenberg, E., & Hean, C. 2023. El imaginario del maíz en Mesoamérica. A Fuego Lento. ISBN: 978-9917-625-75-9. Universidad Nacional de Quilmes y Universidad Autónoma de Coahuila. *Plural Editores*. La Paz, Bolivia. 427 p.
- Rangel-Lucio, J. A., Palacios-Rojas, N., & Chávez-Servia, J. L. (2021). Diversidad fenotípica de maíces nativos pigmentados en México. *Agrociencia*, 55(6), 789–804. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/2462>
- Rodríguez, A. (2020). Ciencia y epistemología. <https://www.eumed.net>
- Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J. J., Vázquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F., & Velázquez-Cardelas, G. (2012). Antocianinas y actividad antioxidante en maíces pigmentados de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 685–697. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000400010](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400010)
- Sánchez, E. R., & Castro, D. J. (2023). Extracción de antocianinas. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8). <https://doi.org/10.38186/difcie.58.04>
- Serna-Saldivar, S. O., et al. (2013). Nutritional and nutraceutical properties of pigmented maize. En S. O. Serna-Saldivar (Ed.), *Corn: Chemistry and technology* (3rd ed., pp. 433–458). AACC International. <https://doi.org/10.1094/9781891127632>
- Serio, L. (2015). Modelo suelo-planta-atmósfera. <https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar>
- Sistema Plurinacional de Certificación de Competencias (SPCC). (2017). Producción de maíz en el Chaco. <https://www.minedu.gob.bo>
- Terreros, M., Salazar, J., & Toala, A. (2019). Protocolo de revisión científica. <https://revistacientificauod.wordpress.com>
- Tepixtle-Colohua, V., Reyes-Trejo, B., & Saucedo, A. (2025). Compuestos funcionales en maíz morado. *Acta Botánica Mexicana*, 132, e2439. <https://doi.org/10.21829/abm132.2025.2439>
- Unterladstaetter, R. 2005. Cultivos para los llanos orientales de Bolivia. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Facultad de Ciencias Agrícolas, Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito. *Lewy Libros*. Santa Cruz, Bolivia. 284 p.
- Valera, P. 2019. Efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) en el distrito de Ichocán. Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/>

[handle/20.500.14074/3698/TEISIS%20-%20PIERRE%20OMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://hdl.handle/20.500.14074/3698/TEISIS%20-%20PIERRE%20OMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vásconez, G., Calvache, M., Díaz, G., Sabando, F. (2010). Determinación de las necesidades hídricas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo el efecto de tres distanciamientos entre hileras. *Memorias XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Universidad Tecnológica Equinoccial- Postgrados. Santo Domingo 17 noviembre del 2010.

Vera, O. (2009). Cómo escribir artículos de revisión. <http://www.scielo.org.bo>

Villca, S., Campos, H., Meneses, R., & Gutiérrez, F. (2021). Evaluación de variedades de maíz. <https://cifumss.agro.bo>

Xóchitl, R., García, I., Hernández, J., Morales, J., & Quiroz, J. 2022. Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 155–163. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.5.1>

Zhang, J., Celli, G., & Brooks, M. (2019). Anthocyanins from natural sources. <https://doi.org/10.1039/9781788012614-00001>

Artículo recibido en: 4 de marzo del 2026

Aceptado en: 22 de abril del 2026